

(51)Int.Cl.⁵
G 0 2 F 1/35識別記号
7246-2K

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

(21)出願番号 特願平3-289152
 (22)出願日 平成3年(1991)10月8日

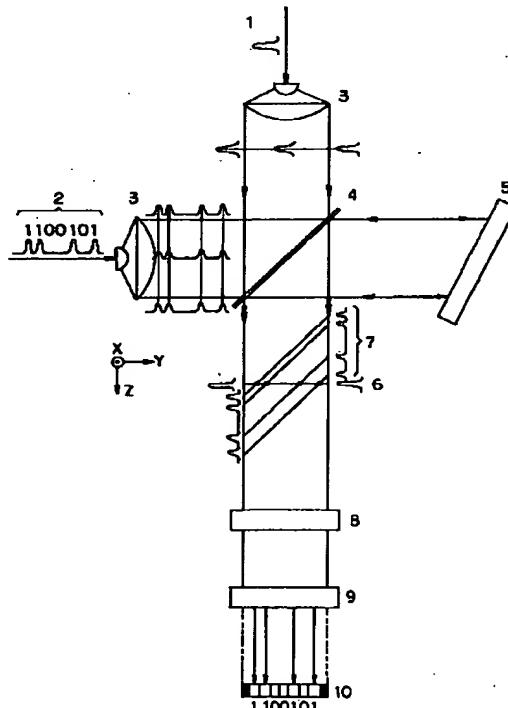
(71)出願人 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (72)発明者 柴田 雅章
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
 ノン株式会社内
 (72)発明者 富田 康生
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
 ノン株式会社内
 (74)代理人 弁理士 加藤 一男

(54)【発明の名称】光データパルス列検出法

(57)【要約】

【目的】電気的な応答速度に制限されずに超高速光データパルス列を実時間で検出できる光データパルス列検出方法を提供する。

【構成】 参照光パルス1と光データパルス列2とは、コリメータレンズ3でシートビーム6, 7となりx軸方向上下に分離される。光データパルス列は、ブレーズド格子5で反射されるが、光路長の違いによって波頭が傾き、シートビームの両端で時間遅延を生じる。参照光パルス6と光データパルス列7との光路長が調節されて波頭が重なり、一次元レンズ8から非線形光学媒体9に入射される。両光パルスの個々の波頭が、同時に媒体9に入射される位置で顕著な非線形光学効果を生じ、非線形光学効果を受けた出力光を、光検出器アレイ10が空間パターンとして検出する。非線形光学効果により、出力光の発生位置・変調位置は、時系列データパルスの個々のパルス間の時間間隔に対応するので、時系列信号を空間列のデータパターンとして検出することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 時系列のビット信号としての光データパルス列を実時間で検出する光データパルス列検出法において、前記光データパルス列を空間的に広げると共に波頭を傾け、同じく空間的に広げられた参照光パルスと空間的に交わるように非線形光学効果を有する媒体に入射して、個々のデータパルスと参照光パルス間の時間相関に依存した非線形光学効果を被った出力光を空間情報として検出することを特徴とする光データパルス列検出法。

【請求項2】 前記非線形光学効果が第二高調波発生であることを特徴とする請求項1記載の光データパルス列検出法。

【請求項3】 前記非線形光学効果が二光子吸収効果であることを特徴とする請求項1記載の光データパルス列検出法。

【請求項4】 前記非線形光学効果が過渡的エネルギー結合であることを特徴とする請求項1記載の光データパルス列検出法。

【請求項5】 前記非線形光学効果が過渡的フォトリフレクティブ効果であることを特徴とする請求項1記載の光データパルス列検出法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、時系列のビット信号としての光パルス列からなるデータを空間的なデータパターンに変換することにより該時系列のビット信号からなるデータを実時間で検出する方法に関する。これは、例えば 超高速フォトンエコーメモリーの実時間読み出しに応用できる。

【0002】

【従来の技術】 従来、フォトンエコーメモリーの読み出しの際、光データパルス列の検出は、光電子倍増管や高速フォトダイオードとディジタル・オシロスコープとの組み合わせによって行われることが知られている。又、ピコ秒領域の超高速フォトンエコーメモリーの読み出し方法としては、ストリークカメラにより測定する方法や、参照光との相互作用をとることによりエコー時間波形を得る方法が知られている。エコー時間波形を得る方法の一例を図9に示す。

【0003】 図9は、読み出しパルスと参照光を用いてヘテロダイイン信号として出力データを読み出す方法の一例を表す説明図である。図において、91はビームスプリッタ、92は読み出しパルス、93は参照光、94は読み出しデータ、95は音響光学変調器、96は回転時間遅延板、97はフォトンエコーメモリー媒体、98は光検出器である。

【0004】 レーザ(不図示)からの光パルスは、まずビームスプリッタ91にて、読み出しパルス92と参照光93とに二分割される。読み出しパルス92は、音響

10 光学変調器95によって所定の周波数シフトが与えられた後に、参照光93は、その光路上に設けられた回転時間遅延板96によって適当な光路長を付加された後に、互いに光路が交わるように夫々フォトンエコーメモリー媒体97に入射される。このとき、読み出しパルス92と参照光93との間に、上記付加された光路長分の相対的時間差が生じている。その時間差に対応したところに、フォトンエコーサインが媒体97中に存在するならば、参照光93とデータ光(読み出しデータ)94とのヘテロダイイン信号が出力される。従って、回転時間遅延板96を回転させ光路長を随時変化させながらヘテロダイイン信号を蓄積させることで、媒体97中に書き込まれているピコ秒領域の光データパルス列の存在を確認することができる。

【0005】

【発明が解決しようとしている課題】 しかし、光電子倍増管や高速フォトダイオードとディジタル・オシロスコープとの組み合わせによる光データパルス列の検出方法では、ナノ秒以下のデータパルス列を検出することは困難である。

【0006】 一方、参照光とデータ光との相互関係信号を蓄積して光データパルス列の形状を観測する方法(図9)は、実時間検出ではないので、超高速フォトンエコーメモリとして実用化するには不向きである。又、ストリークカメラによる観測方法は、複雑であり、この方法による測定システムの作製コストが高価であることから、採用するのが困難である。

【0007】 そこで本発明は、電気的な応答速度に制限されずに超高速光データパルス列を実時間で検出できる30 光データパルス列検出方法を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成する本発明の要旨は、時系列のビット信号としての光データパルス列を実時間で検出する光データパルス列検出法において、前記光データパルス列を空間的に広げると共に波頭を傾け、同じく空間的に広げられた参照光パルスと空間的に交わるように非線形光学効果を有する媒体に入射して、個々のデータパルスと参照光パルス間の時間相関に依存した非線形光学効果を被った出力光を空間情報として検出することを特徴とする光データパルス列検出法にある。

【0009】

【実施例】 以下に本発明の実施例について図面と共に説明する。

【0010】 図1は光データパルス列検出のための光学系の構成図である。図において、1は参照光パルス、2は光データパルス列、3は一次元のコリメータレンズ、4はビームスプリッタ、5はブレーズド格子、6はシートビームとなった参照光パルス(以下、参照光パルス

(S B) という)、7はシートビームとなりブレーズド格子5によって波頭の傾いた光データパルス列(以下、光データパルス列(S B) という)、8はx軸方向に集光するための一次元レンズ、9は非線形光学媒体、10は光検出器アレイである。

【0011】図示するように、参照光パルス1と光データパルス列2とは、夫々コリメータレンズ3によってシートビーム6、7となり、夫々のシートビーム6、7はx軸方向において上下に分離されている。一方の光データパルス列2は、ブレーズド格子5で入射光路と同じ光路で反射されるが、光路長の違いによって波頭が傾き、シートビームの両端で相対的な時間遅延を生じる。参照光パルス1と光データパルス列2とは、ビームスプリッタ4を介して、互いに平行なビーム6、7になり、一次元レンズ8によってx軸方向に集光されて非線形光学媒体9に入射される。尚、参照光パルス(S B) 6と光データパルス列(S B) 7との夫々の光路長が調節され、前者および後者のすべてのパルスの波頭が重なり合うようにされている。

【0012】又、本実施例では非線形光学媒体9として、二光束の時間的重なり(時間相関)に依存した非線形光学効果を有する媒体を用いる。即ち、参照光パルス(S B) 6の波頭と光データパルス列(S B) 7の個々のパルス波頭が、時間的に同時に媒体9に入射される位置で、顕著な非線形光学効果を生じるような媒体を用いる。この入射位置は、参照光パルス(S B) 6と光データパルス列(S B) 7との交点(図中に中黒の点で示した)に対応する媒体9の位置である。

【0013】参照光パルス(S B) 6と光データパルス列(S B) 7との相関による非線形光学効果を受けた出力光(図面の上から下への矢印で示した)を、光検出器アレイ10にて空間パターンとして検出する。非線形光学効果により、出力光の発生位置或いは変調の生じる位置は、時系列データパルスの個々のパルス間の時間間隔に対応する。そのため、時系列信号を空間列のデータパターンとして検出することができる。

【0014】図2は、上記実施例における非線形光学効果として、第2高調波発生(SHG)を用いたときの要部説明図である。

【0015】SHG媒体21は、互いに平行な偏波方向をもつ参照光パルス(S B) 6と光データパルス列(S B) 7の間の入射角 2θ に対して、入射角 2θ を二等分する等分線方向に最大のSHG効率を示すように非平行の位相整合がなされている。又、二光束の偏波方向に対して最大の効率を示すようにカットされたものを用いる。ここで、二光束6及び7の相関により発生したSHG光を光検出器10で検出する。参照光パルス(S B) 6と光データパルス列(S B) 7としては、互いにコヒーレントなものを用い、二光束の相関により発生したSHG光を光検出器10で検出する。

【0016】尚、SHG光の広がりが問題になるときには、光検出器10の前段に、x軸方向にだけ集光するレンズか、SHG媒体と光検出器とを一体化させた素子を用いればよい。又SHG媒体としては、LiNbO₃、KDP、LiIO₃、BBOなどを用いることができるが、使用する光パルスの波長に応じて最適な材料を選ぶのが望ましい。

【0017】次に、本発明の第2実施例について説明する。本実施例では、光データパルス列検出のための光学系の基本構成は第1実施例と同じであるが、非線形光学効果として二光子吸収効果(TPA)を用いる点が異なる。

【0018】図3は、光データパルス列検出のための光学系の要部説明図である。図において、31はTPA媒体である。

【0019】参照光パルス(S B) 6と光データパルス列(S B) 7とが、互いにコヒーレントであるときには、二光束6と7の干渉による過渡的な屈折率光子の形成に伴う過渡的エネルギー移動を防がなければならぬ。そのためには、二光束6、7の一方或いは両方の光路上に半波長板を挿入して、一方の偏光方向が他方の偏光方向に対して90度回転するように調整し、二光束6、7の光パルスの偏光を直交させる。

【0020】尚、図では二光束6及び7は、夫々y軸方向(図面に対して垂直方向)及びx軸方向に偏波しているが、直交していれば偏光方向がどの方向であってもよい。又、二光束6、7が互いにコヒーレントであることは必要条件ではなく、コヒーレントではないときには直交偏光にする必要はない。

【0021】参照光パルス(S B) 6と光データパルス列(S B) 7との重なりが、最も大きくなるとき、即ち、二光束6、7の波頭が同時に入射したときに、媒体31のもつTPA効果によってより顕著な光吸収を被る。このTPA効果は、参照光の光検出を行うことにより検出する。参照光について光検出を行うのは、データパルス列の方を検出すると全データパルスの時間積分値が検出されTPA効果を受けたパルスを識別することができなくなるという理由からである。

【0022】尚、SN比を向上させるためには、参照光パルス6の強度を、参照光パルス単独では二光子吸収が起こらない程度に小さくする必要がある。参照光パルス6の強度を小さくして、光データパルス列7の個々のパルス強度を相対的に十分大きく再生増幅しておくことが望ましい。

【0023】図4は、プローブ光束の透過率変化を示すグラフである。本実施例では、Nd:YAGレーザ(1.064μm)の光パルス(半値全幅28.7ピコ秒)を二光束に分けて、GaAs単結晶に入射させ、そのときの一方の光束(プローブ光束)の透過率変化を、二光束間の時間遅れ τ に対して測定した。尚、プローブ

光束の強度は、他方の光束（ポンプ光束）の強度に比して相当に小さく、プローブ光束単独では二光子吸収が起こらない条件で測定した。図から判るように、TPA効果は二光束間の時間相間に依存しており、プローブ光束の透過率は二光束間の時間ずれがないときに最小となる。

【0024】従って、本実施例では二光束によるTPA効果を光データパルス列の検出に用いることができる。尚、検出される信号の論理は、負論理となる。又、本実施例ではGaNを用いたが、この他にTPA効果をもつ媒体、例えばCdTe, InPなどの化合物半導体や、BaTiO₃, KNbO₃, SBN, KNSBNなどの絶縁体を用いてもよく、使用する光パルスの波長等によって最適な材料を選ぶのが望ましい。

【0025】更に、本発明の第3実施例について説明する。本実施例では非線形光学効果として過渡的エネルギー*

$$d(\phi_1 - \phi_2) / dz \propto \Gamma (I_1 - I_2) / I_0 - (\Delta\phi_1 - \Delta\phi_2) \dots (1)$$

但し、 ϕ_1 , ϕ_2 は光束1・光束2の位相、 I_1 , I_2 は光束1・光束2の強度、 Γ は干渉縞と位相ずれのない屈折率格子によるビーム結合の利得、 $\Delta\phi_1$, $\Delta\phi_2$ は光束1・光束2が夫々単独で被る位相変化分であり、 $I_0 = I_1 + I_2$ である。

【0027】図6の(a)に示すように、上式(1)の関係から、強度の異なる二光束によってTET媒体51の中に生じる干渉縞はz軸方向に対して線形に傾く(図に傾斜する実線で示した)。ここで、この初期状態の時点($t=0$)から、時間 $t>0$ において一方の光束の強度が変化したとする。すると、図6の(b)に示すように、位相間の結合の結果、干渉縞の傾きが変化する(図に傾斜する破線で示した)。この傾きの変化に屈折率格子分布が追随しようとするが、屈折率格子の緩和時間 τ が有限であるために $t<\tau$ の時間範囲では干渉縞と元の屈折率格子との間に過渡的な位相ずれが生じて二光束間に過渡的な強度間の結合が生じる。常に強度の高い光束から低い光束への過渡的エネルギー移動が生じる。

【0028】図7は、過渡的エネルギーの変化を表したグラフである。図では、TETが過渡的エネルギー移動の時間的変化として表されている。

【0029】図から判るように、時間 t が緩和時間 τ よりも小さいとき($t/\tau < 1$)顕著な過渡的エネルギー移動が生じる。つまり、高強度の参照光パルス6を用いて光データパルス列(SB)7とTET媒体の中で干渉縞を形成すれば、二光束6, 7の波頭が交わったところで光データパルス列(SB)7が増幅される。この増幅された光データパルス列(SB)7を光検出器10によって空間的に検出する。

【0030】その検出時に、光強度は全データパルスの時間積分値となるが、TETにより十分に増幅されれば空間的ビットパターンを検出できる。一方、参照光パル

* 結合(TET)を用いられる。TETは、光カ一効果による屈折率変化(例えば半導体中の自由キャリアのプラズマ効果)を用いて実現される。

【0026】図5は、光データパルス列検出のための光学系の要部説明図であり、図6はTETの原理の説明図である。図において、51はTET媒体である。参照光パルス(SB)6と光データパルス列(SB)7とは、コヒーレントであり互いに平行な偏波である。この二光束によりTET媒体51の中に干渉縞ができるが、干渉

10 縞の明暗にしたがってTET媒体51の中に光カ一効果による屈折率格子が形成される。周知のように、屈折率格子は干渉縞と同位相或いは逆位相であるために、二光束の強度間の結合は生じないものの位相間の結合を引き起こす。この位相結合は、二光束の強度と位相との関係は次式で表される。

$$d(\phi_1 - \phi_2) / dz \propto \Gamma (I_1 - I_2) / I_0 - (\Delta\phi_1 - \Delta\phi_2)$$

$$\dots (1)$$

ス6の強度を小さくし光データパルス列7の個々のパルス強度を相対的に十分大きく増幅して、参照光パルス6の側で検出すれば、SN比は向上する。

【0031】図8は、プローブ光束の透過率変化を示すグラフである。本実施例では、Nd:YAGレーザ(1.064 μm)の光パルス(半値全幅28.7ピコ秒)を二光束に分けて、CdTe単結晶に入射させ、そのときの一方の光束(プローブ光束)の透過率変化を、二光束間の時間遅れ τ に対して測定した。図において、白丸は自由キャリア格子に起因したエネルギー移動のみが観測される偏波方向、黒丸はそれに過渡的フォトリラクティブ効果が競合する偏波方向での測定結果である。尚、プローブ光束の強度は、他方の光束(ポンプ光束)の強度に比して相当に小さく、プローブ光束単独では二光子吸収が起こらない条件で測定した。

【0032】図から判るように、TPA効果は二光束間の時間相間に依存しており、プローブ光束の透過率は二光束間の時間ずれがないときに最小となる。

【0033】過渡的フォトリラクティブ効果は、干渉縞にしたがって発生した光励起であるときには(二光子吸収も含む)、電子と正孔との間で過渡的に空間電界が形成され、電界によって生じた電気光学効果(ポッケルス効果)を介した屈折率格子によるエネルギー結合である。尚、過渡的フォトリラクティブ効果では、電気光学定数の非対称性のゆえに結晶の方位によってエネルギー移動の方向が異なるが、本実施例ではTETによるエネルギー移動と同じくポンプ光束からプローブ光束へのエネルギー移動が生じる結晶方位としている。

【0034】図から判るように、ポンプ光束に対してプローブ光束が僅かに先行して媒体に入射したときに、顕著な透過率の増加、即ちエネルギー増幅が観測された。この増幅は、弱いプローブ光束と強いポンプ光束の先行し

た裾の部分で格子が書かれ、その後にポンプ光束の大部分が到達することにより実効的な回折効率が大きくなるためである。従って、実際には、参照光パルス (SB) 6 と光データパルス列 (SB) 7 との波頭同士が交わったところより僅かに y 軸方向にずれた位置で光データパルス列 (SB) 7 の増幅が生じる。そのため、光検出器 10 は予め y 軸方向へ位置を補正しておくか、二光束間の光路差を補正するかすればよい。つまり、参照光パルス (SB) 6 の光路に、時間遅延板を置くか時間遅延線を設ければよい。

【0035】以上説明したように、本実施例では過渡的エネルギー移動を利用することによって光データパルス列を空間的に検出することができる。

【0036】尚、本実施例では二光束がx軸方向に平行偏波してゐるが、二光束が共に平行な偏波であれば他の方位であつてもよい。又、本実施例ではエネルギー増幅度は二倍程度であるが、二光束間の強度比をより大きくすることによって数十倍から数百倍の増幅度とすることもできる。又、TET媒体としてCdTeの他、GaAs, InPなどの半導体材料を用いてもよい。

【0037】更に、電気光学効果による屈折率格子を介した過渡的フォトリラクティブ効果だけでもよい。但し、過渡的フォトリラクティブ効果によるエネルギー移動の方向は、結晶方位によって決定されるので、結晶方位が決まれば光検出する側も決まる。又、過渡的フォトリラクティブ効果を採用するときには、BaTiO₃、KNbO₃、SBN、KNSBNなどの絶縁体を用いることができる。又、検出は、参照光パルスの強度が光データパルス列の強度より高いときには参照光パルス側で行うこともできるが、このときには、エネルギー損失を観測するので検出される信号の論理は負論理となる。

〔0038〕

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、光*

* データパルス列の個々のデータパルスと参照光パルスとの間に時間相間に依存した非線形光学効果を被った出力光を、空間パターンとして光検出するので、電気的には検出困難な超高速実時間光データパルス列を検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施例の構成図である。

【図2】第2高調波発生を用いたときの要部説明図である。

10 【図3】第2実施例の要部説明図である。

【図4】プローブ光束の透過率変化を示すグラフである。

【図5】第3実施例の要部説明図である。

【図6】TETの原理の説明図である。

【図7】過渡的エネルギー変化のグラフである。

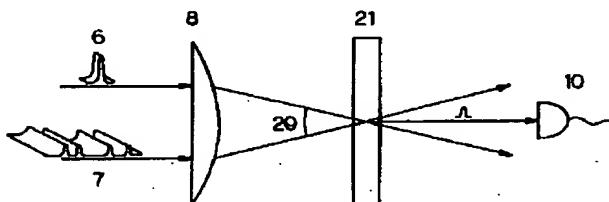
【図8】プローブ光束の透過率変化のグラフである。

【図9】従来例の説明図である。

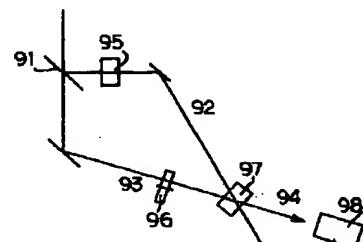
【符号の説明】

20	1	参照光パルス
	2	光データパルス列
	3	コリメータレンズ
	4	ビームスプリッタ
	5	ブレーズド格子
	6	シートビームとなった参照光パ
	ルス	
	7	シートビームとなった光データ
	パルス列	
	8	一次元レンズ
	9	非線形光学媒体
30	1 0	光検出器アレイ
	2 1	S H G 媒体
	3 1	T P A 媒体
	5 1	T E T 媒体

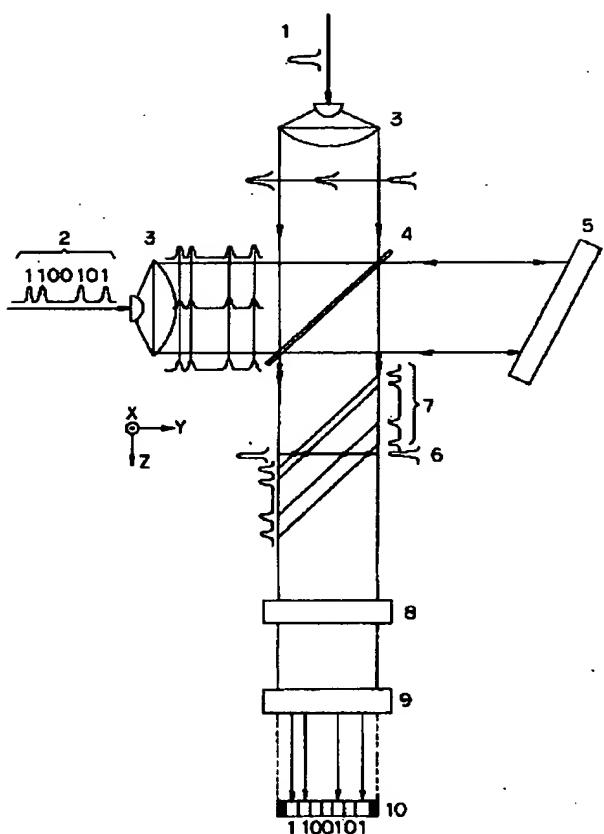
【図2】



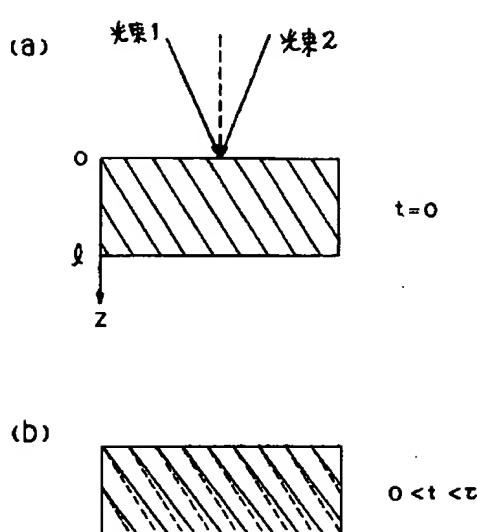
【図9】



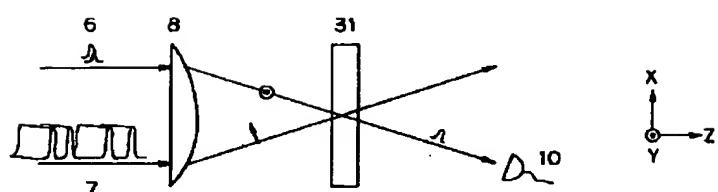
【図1】



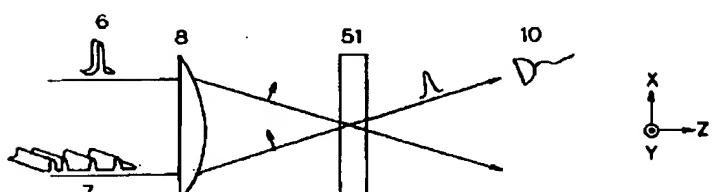
【図6】



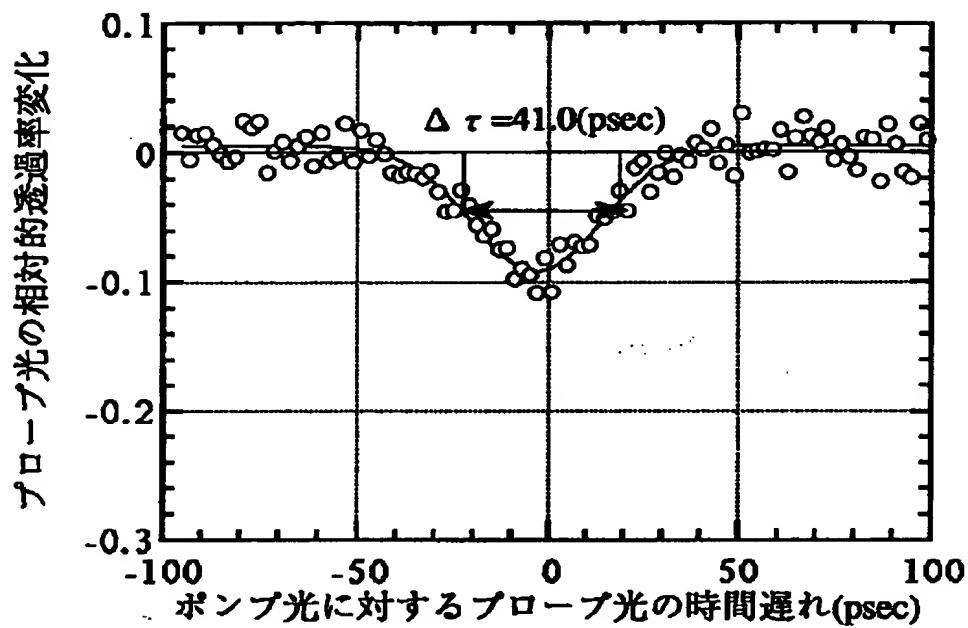
【図3】



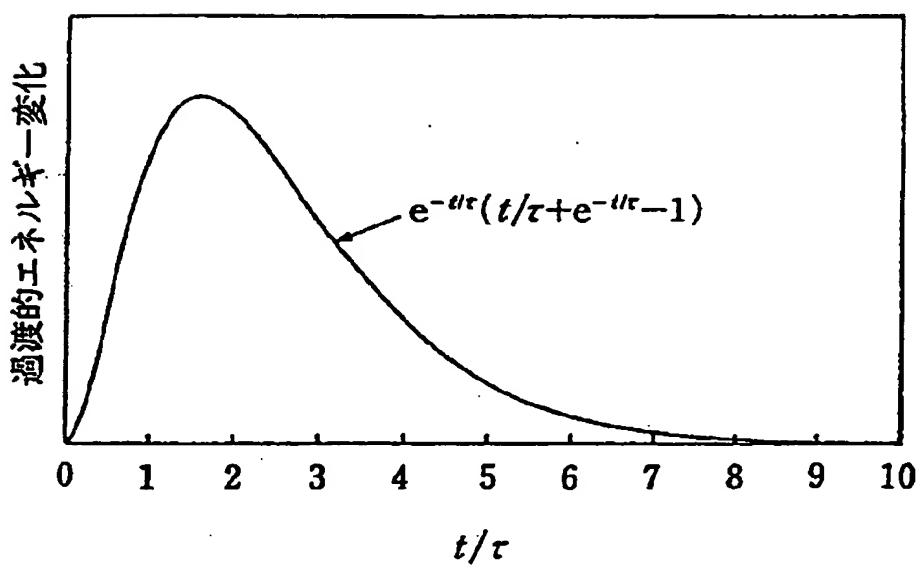
【図5】



【図4】



【図7】



【図8】

